

Johnson B-V und Gaia $G_{BP-G_{RP}}$ Eine kurze Erklärung

Ulrich Bastian

Abstract: *I give a short explanation of what the Gaia photometric bands G, G_{BP} and G_{RP} mean, and how they relate to Johnson photometric bands*

Einleitung

Ich bin gefragt worden, was ein Farbindex $G_{BP-G_{RP}}$ bedeutet, und wie er mit dem gewohnten B-V zusammenhängt. Da G-Helligkeiten und die Farbe $G_{BP-G_{RP}}$ in Zukunft mit zunehmender Häufigkeit in der Literatur auftauchen werden, ist eine kurze Erklärung an dieser Stelle vielleicht angebracht.

Kurze Erläuterung

Das Gaia-Observatorium der ESA misst neben Positionen, Eigenbewegungen und Parallaxen (das ist seine Hauptaufgabe) sowie etlichen weiteren Dingen auch drei Breitband-Helligkeiten von 1,5-2 Milliarden Sternen. Diese heißen G, G_{BP} und G_{RP} , wobei letztere oft auch nur BP und RP genannt werden. Die G-Helligkeit ist die ungefilterte CCD-Helligkeit, die das astrometrische Hauptinstrument von Gaia erzeugt. BP und RP sind die beiden (gefilterten) Breitband-Helligkeiten des Gaia-Photometers, wobei „B“ für blau und „R“ für rot steht. Für die Farben gilt ganz grob, dass B-V gleich $0.8*(BP-RP)$ ist, aber wirklich nur grob (Näheres siehe auf den nächsten beiden Seiten). Die Helligkeiten G, G_{BP} und G_{RP} selbst sind vom Wega-Typ, wie beim Johnson UBVRI-System, d.h. dass alle Farbindizes exakt gleich null sein sollen für ungerötete Sterne vom Spektraltyp A0 V.

Die Farbe BP-RP könnte sehr wohl in allernächster Zeit das gewohnte B-V als die meistbenutzte Standardfarbe ablösen, weil sie inzwischen für über 1,5 Milliarden Sterne mit hoher Genauigkeit und perfekter Homogenität verfügbar ist. Einzelheiten gibt es auf der Gaia-Webseite [1] und in der allgemein zugänglichen Publikation [2]. Aus letzterer sind die Umrechnungs-Tabellen auf der übernächsten Seite entnommen. Diese gelten nur für einigermaßen normale astronomische Spektren, also z.B. nicht für Quasare, Novae, Planetarische Nebel u.ä., und nur in den Gültigkeitsbereichen, die auf der nächsten Seite angegeben sind.

Literatur:

[1] <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/edr3-passbands>

[2] <https://arxiv.org/abs/2012.01916>

Table C.1. Applicable range for the relationships between the *Gaia* EDR3 system and the other photometric systems considered.

Hipparcos relationships	
$G - H_p = f(B - V)$	$-0.25 < B - V < 1.9^a$
$G - H_p = f(V - I)$	$-0.25 < V - I < 5.0$
$G - H_p = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.5 < G_{BP} - G_{RP} < 4.0$
$G_{BP} - H_p = f(V - I)$	$-0.2 < V - I < 3.0$
$G_{RP} - H_p = f(V - I)$	$-0.4 < V - I < 3.5$
$G_{BP} - G_{RP} = f(V - I)$	$-0.5 < V - I < 3.5$
Tycho-2 relationships	
$G - V_T = f(B_T - V_T)$	$-0.2 < B_T - V_T < 2.0^b$
$G - V_T = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.35 < G_{BP} - G_{RP} < 4.0$
$G - B_T = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.3 < G_{BP} - G_{RP} < 3.0$
$G_{BP} - V_T = f(B_T - V_T)$	$-0.2 < B_T - V_T < 2.5$
$G_{RP} - V_T = f(B_T - V_T)$	$-0.3 < B_T - V_T < 2.0^c$
$G_{BP} - G_{RP} = f(B_T - V_T)$	$-0.3 < B_T - V_T < 2.0^d$
SDSS12 relationships	
$G - g = f(g - i)$	$-1.0 < g - i < 9.0$
$G - r = f(r - i)$	$-0.5 < r - i < 2.0$
$G - i = f(r - i)$	$-0.35 < r - i < 2.0$
$G_{BP} - g = f(g - i)$	$-0.6 < g - i < 3.5$
$G_{RP} - r = f(r - i)$	$-0.9 < g - i < 8.0$
$G_{BP} - G_{RP} = f(g - i)$	$-0.5 < g - i < 3.5^e$
$G - r = f(G_{BP} - G_{RP})$	$0.0 < G_{BP} - G_{RP} < 3.0^f$
$G - i = f(G_{BP} - G_{RP})$	$0.5 < G_{BP} - G_{RP} < 2.0$
$G - g = f(G_{BP} - G_{RP})$	$0.3 < G_{BP} - G_{RP} < 3.0^g$
Johnson-Cousins relationships	
$G - V = f(V - I_C)$	$-0.4 < V - I_C < 5.0$
$G - V = f(V - R)$	$-0.15 < V - R < 2.3^h$
$G - V = f(B - V)$	$-0.4 < B - V < 3.3^i$
$G_{BP} - V = f(V - I_C)$	$0.0 < V - I_C < 4.0$
$G_{RP} - V = f(V - I_C)$	$-0.4 < V - I_C < 5.0$
$G_{BP} - G_{RP} = f(V - I_C)$	$-0.4 < V - I_C < 5.0$
$G - V = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.5 < G_{BP} - G_{RP} < 5.0$
$G - R = f(G_{BP} - G_{RP})$	$0.0 < G_{BP} - G_{RP} < 4.0^j$
$G - I_C = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.5 < G_{BP} - G_{RP} < 4.5$
2MASS relationships	
$G - K_S = f(H - K_S)$	$-0.1 < H - K_S < 0.4$
$G_{BP} - K_S = f(H - K_S)$	$-0.1 < H - K_S < 0.4$
$G_{RP} - K_S = f(H - K_S)$	$-0.1 < H - K_S < 0.4$
$G_{BP} - G_{RP} = f(H - K_S)$	$-0.1 < H - K_S < 0.4$
$G - K_S = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.5 < G_{BP} - G_{RP} < 2.5$
$G - H = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.5 < G_{BP} - G_{RP} < 2.5$
$G - J = f(G_{BP} - G_{RP})$	$-0.5 < G_{BP} - G_{RP} < 2.5$
$G - K_S = f(J - K_S)$	$-0.2 < H - K_S < 1.1$
$G_{BP} - K_S = f(J - K_S)$	$-0.2 < H - K_S < 1.1$
$G_{RP} - K_S = f(J - K_S)$	$-0.2 < H - K_S < 1.1$
$G_{BP} - G_{RP} = f(J - K_S)$	$-0.1 < H - K_S < 1.1$

^a For $B - V > 1.4$ this is only valid for M giants.

^b For $B_T - V_T > 1.7$ this is only valid for M giants.

^c For $B_T - V_T > 1.7$ this is only valid for M giants.

^d For $B_T - V_T > 1.7$ this is only valid for M giants.

^e For $G_{BP} - G_{RP} > 2.25$ this is only valid for M giants.

^f For $G_{BP} - G_{RP} > 2.0$ this is only valid for M giants.

^g For $G_{BP} - G_{RP} > 2.0$ this is only valid for M giants.

^h For $V - R > 0.9$ this is only valid for M giants.

ⁱ For $B - V > 1.3$ this is only valid for M giants.

^j For $G_{BP} - G_{RP} > 2.0$ this is only valid for M giants.

Abb. 1: Anwendungsbereiche für die Umrechnungsformeln auf der nächsten Seite.
Quelle: Tabelle C.1 aus [2]

Table C.2. Coefficients of the transformation polynomials derived between the Hipparcos, Tycho-2, SDSS12, Johnson-Cousins and 2MASS systems and that of *Gaia* EDR3.

Hipparcos relationships						
$G - Hp$	-0.02392	$B - V$	$(B - V)^2$	$(B - V)^3$		σ
		$V - I$	$(V - I)^2$	$(V - I)^3$		σ
$G - Hp$	0.01546	-0.4308	-0.01872			0.08191
$G_{BP} - Hp$	-0.02696	0.1086	-0.009148	0.004715		0.06
$G_{RP} - Hp$	-0.006437	-1.194	0.09962			0.1024
$G_{BP} - G_{RP}$	-0.01612	1.274	-0.08143			0.082
$G - Hp$	-0.01008	$G_{BP} - G_{RP}$	$(G_{BP} - G_{RP})^2$	$(G_{BP} - G_{RP})^3$		σ
		-0.2309	-0.1300	0.01894		0.06066
Tycho-2 relationships						
$G - V_T$	-0.01072	$B_T - V_T$	$(B_T - V_T)^2$	$(B_T - V_T)^3$		σ
		-0.2870	0.05807	-0.06791		0.06084
$G_{BP} - V_T$	-0.01868	0.2682	-0.1366	0.01272		0.04127
$G_{RP} - V_T$	-0.04424	-1.197	0.4948	-0.1757		0.09359
$G_{BP} - G_{RP}$	0.02621	1.458	-0.6176	0.1817		0.06834
$G - V_T$	-0.01077	$G_{BP} - G_{RP}$	$(G_{BP} - G_{RP})^2$	$(G_{BP} - G_{RP})^3$	$(G_{BP} - G_{RP})^4$	$(G_{BP} - G_{RP})^5$
		-0.0682	-0.2387	0.02342		σ
$G - B_T$	-0.004288	-0.8547	0.1244	-0.9085	0.4843	-0.06814
						0.07063
SDSS12 relationships						
$G - g$	-0.1064	$g - i$	$(g - i)^2$	$(g - i)^3$		σ
		-0.4964	-0.09339	0.004444		0.0872
$G_{BP} - g$	0.06213	-0.2059	-0.06478	0.007264		0.02944
$G_{RP} - g$	-0.3306	-0.9847	-0.02874	0.002112		0.04958
$G_{BP} - G_{RP}$	0.3971	0.777	-0.04164	0.008237		0.03846
$G - r$	-0.01664	$r - i$	$(r - i)^2$	$(r - i)^3$		σ
		0.2662	-0.649	0.08227		0.123
$G - i$	-0.01066	1.298	-0.7595	0.1492		0.07112
$G - r$	-0.09837	$G_{BP} - G_{RP}$	$(G_{BP} - G_{RP})^2$	$(G_{BP} - G_{RP})^3$	$(G_{BP} - G_{RP})^4$	σ
		0.08592	0.1907	-0.1701	0.02263	0.03776
$G - i$	-0.293	0.6404	-0.09609	-0.002104		0.04092
$G - g$	0.2199	-0.6365	-0.1548	0.0064		0.0745
Johnson-Cousins relationships						
$G - V$	-0.01597	$V - I_C$	$(V - I_C)^2$	$(V - I_C)^3$	$(V - I_C)^4$	σ
		-0.02809	-0.2483	0.03656	-0.002939	0.0272
$G_{BP} - V$	-0.0143	0.3564	-0.1332	0.01212		0.0371
$G_{RP} - V$	0.01868	-0.9028	-0.005321	-0.004186		0.03784
$G_{BP} - G_{RP}$	-0.03298	1.259	-0.1279	0.01631		0.04459
$G - V$	-0.03088	$V - R$	$(V - R)^2$	$(V - R)^3$		σ
		-0.04653	-0.8794	0.1733		0.0352
$G - V$	-0.04749	$B - V$	$(B - V)^2$	$(B - V)^3$		σ
		-0.0124	-0.2901	0.02008		0.04772
$G - V$	-0.02704	$G_{BP} - G_{RP}$	$(G_{BP} - G_{RP})^2$	$(G_{BP} - G_{RP})^3$	$(G_{BP} - G_{RP})^4$	σ
		0.01424	-0.2156	0.01426		0.03017
$G - R$	-0.02275	0.3961	-0.1243	-0.01396	0.003775	0.03167
$G - I_C$	0.01753	0.76	-0.0991			0.03765
2MASS relationships						
$G - K_S$	0.5594	$H - K_S$	$(H - K_S)^2$			σ
		11.09	3.040			0.3743
$G_{BP} - K_S$	0.5922	15.36	1.691			0.499
$G_{RP} - K_S$	0.1882	10.3	-3.976			0.2956
$G_{BP} - G_{RP}$	0.1836	8.456	-3.781			0.2361
$G - K_S$	-0.0981	$G_{BP} - G_{RP}$	$(G_{BP} - G_{RP})^2$			σ
		2.089	-0.1579			0.08553
$G - H$	-0.1048	2.011	-0.1758			0.07805
$G - J$	0.01798	1.389	-0.09338			0.04762
$G - K_S$	0.1683	$J - K_S$	$(J - K_S)^2$	$(J - K_S)^3$	$(J - K_S)^4$	σ
		3.803	-1.45	0.7867		0.1309
$G_{BP} - K_S$	0.1777	5.28	-4.384	4.451	-1.273	0.174
$G_{RP} - K_S$	0.08089	2.655	-1.488	1.618	-0.5068	0.07997
$G_{BP} - G_{RP}$	0.09396	2.581	-2.782	2.788	-0.8027	0.09668

Article number, page 32 of 35

Abb. 2: Umrechnungsformeln für verschiedene photometrische Systeme. Quelle: Tabelle C.2 aus [2]

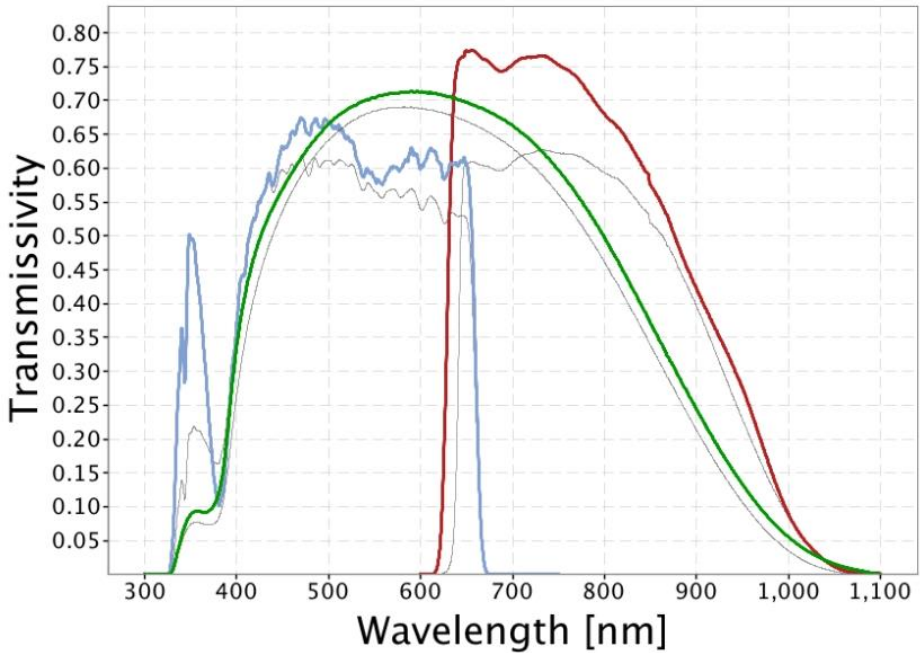


Abb. 1: Gaia DR2 Passbands

Die spektralen Empfindlichkeitskurven von G, G_{BP} und G_{RP} sind unter https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/iow_20180316 als Grafik und als Tabellen verfügbar.